

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[MENU](#) [SEARCH](#) [INDEX](#) [DETAIL](#) [BACK](#) [NEXT](#)

3/4



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 09327727

(43)Date of publication of application: 22.12.1997

(51)Int.CI.

B21D 7/06

(21)Application number: 08168305

(71)Applicant:

NIPPON LIGHT METAL CO LTD

(22)Date of filing: 06.06.1996

(72)Inventor:

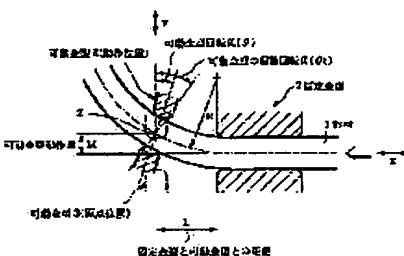
TSUGE MITSUO
HAKAMATA TADASHI
SASAMOTO TAKASHI
HINO HARUMICHI
SUGIYAMA KEIICHI

(54) BENDING OF SHAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve working precision and productivity by calculating a curvature radius/bending direction at an arbitrary position of a shape and a length from a working start position to an arbitrary position of a shape and deciding an action quantity of a moving die.

SOLUTION: In the method that a shape 1 is bent to a stereoscopic three dimensional shape by pushing through bending with using a fixed die 2 and moving die 3, the coordinate values for objective bending shape are grasped in a three dimensional orthogonal coordinate system. A curvature and bending direction at an arbitrary position of the shape 1 is calculated as well as a length along stereoscopic three dimensional shape from a working start position to the arbitrary position of shape 1. At the timing a pushing in quantity is along three dimensional shape is calculated, a theoretical moving quantity of the moving die 2 is decided based on calculated curvature radius/bending direction. A moving quantity of moving die 3 is decided by multiplying a theoretical moving quantity with a correction coefficient due to the inherent spring back to material and shape of the shape 1, bending is continuously executed from the bending start position of shape 1 to completing position.



LEGAL STATUS

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-327727

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int. C1.^a
B 21 D 7/06

識別記号

府内整理番号

F I

B 21 D 7/06

技術表示箇所

M
R

審査請求 未請求 請求項の数 4

F D

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-168305

(22) 出願日 平成8年(1996)6月6日

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72) 発明者 柏植 光雄

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内

(72) 発明者 桂田 唯史

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内

(72) 発明者 佐々木 隆

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内

(74) 代理人 弁理士 入交 孝雄 (外1名)

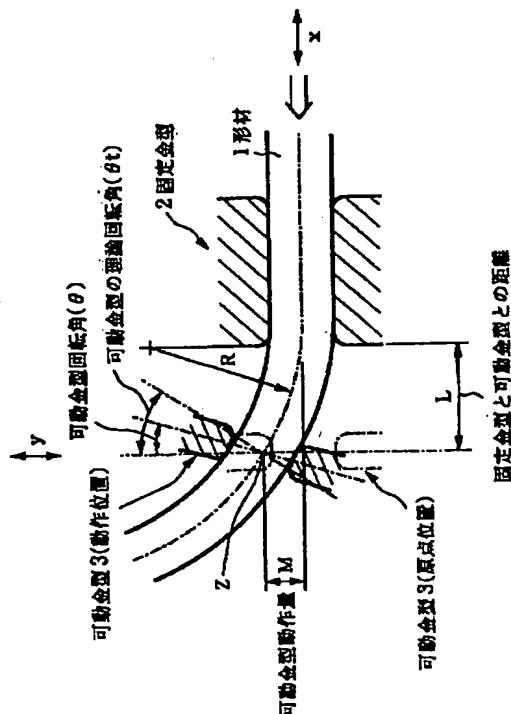
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】形材の曲げ加工方法

(57) 【要約】

【課題】 固定金型と可動金型によって、これらアルミニウム形材の曲げ加工を行う方法において、予め設定された立体的な曲げ形状に従って、自動的な制御による正確な押し通し曲げを可能とすることを目的とする。

【解決手段】 予め設定された立体的な形状に対してその3次元直交座標系における曲げ加工を行う任意の区間の座標値により曲げ加工の際の押し込み量積算値を算出し、該区間に亘る立体的な形状の曲線を円弧としてその曲率半径Rをこれらの座標数値から算出して、該加工区間における可動金型の理論動作量を該押し込み量積算値とこの曲率半径により決定し、理論動作量に形材固有のスプリングバックによる補正係数を乗じて可動金型動作量を決定して上記押し込み量の細分された微小区間ごとに可動金型の制御を行うことにより3次元立体形状の曲げ加工を行うことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定金型及び可動金型を使用した押し通し曲げにより形材を立体的な3次元形状に曲げ加工する方法において、目的曲げ形状に対してその3次元直交座標系における座標値を把握して、形材の任意位置での曲率半径と曲げ方向を算出すると共に、加工開始位置より該任意位置までの立体的な3次元形状に沿う長さを算出し、押し込み量が該3次元形状に沿う長さの時点において、可動金型の理論動作量を前記算出された曲率半径と曲げ方向により決定し、該理論動作量に形材の材質及び形状に固有のスプリングバックによる補正係数を乗じて可動金型の動作量を決定し、形材の曲げ開始位置より曲げ完了位置まで、連続して曲げ加工を行うことを特徴とする形材の曲げ加工方法。

【請求項2】 固定金型及び可動金型を使用した押し通し曲げにより形材を立体的な3次元形状に曲げ加工する方法において、

第1工程として、目的曲げ形状をその長手方向をX軸方向にして3次元XYZ立体座標系における座標値として把握する工程、

第2工程として、形材の曲げ開始位置P₁から任意の位置P_nまでの目的曲げ形状に沿う積算値L_nをP₁からP_nまでの各座標値により求める工程、

第3工程として、第1工程の座標値をXY座標面及びXZ座標面に投影した座標におけるP_n位置における曲げ半径R_{xy}、R_{xz}を、P_{n-1}、P_n及びP_{n+1}の座標より求める工程、

第4工程として、固定金型に対する形材の押し込み方向をx軸、x軸に直交する方向をy軸、x軸とy軸に直交する方向をz軸とし、形材を固定金型に押し込みつつ加工開始位置よりの押し込み量L_nの時点で可動金型をy軸方向の移動及びz軸回りの回転にてR_{xy}に対応するスプリングバックを補正した動作量を決定すると共に、同じく可動金型をz軸方向の移動及びy軸回りの回転にてR_{xz}に対応するスプリングバックを補正した動作量を決定し、かくして加工開始位置よりの押し込み量L_nの時点で上記動作量で可動金型を動作させながら形材の曲げ開始位置より曲げ完了位置まで、連続して曲げ加工を行う工程、となりることを特徴とする形材の曲げ加工方法。

【請求項3】 上記スプリングバックを補正する補正係数Cを次式により算出して可動金型の動作量を制御することを特徴とする請求項1又は2記載の形材の曲げ加工方法。

$$C = [A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + 0.3] \times 10^{-3} \times R + B$$

ただし、A：(8～11)×10⁻⁶の範囲にある係数

B：3.0～3.6の範囲にある定数

Z：形材断面における引っ張り側と圧縮側の断面係数の平均値 (mm³)

$\sigma_{0.2}$ ：引張り試験における0.2%耐力 (kgf/m²)

R：曲げ加工の曲率半径 (mm)

【請求項4】 上記曲げの曲率半径に応じて幾何学的に算出される理論回転角度θの45～55%に可動金型の回転量を設定することを特徴とする請求項1乃至3記載の形材の曲げ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【産業上の利用分野】 本発明は、建材、自動車用部品等に用いるアルミニウム合金等の形材に対し、固定金型と可動金型との間で押し通し曲げを行う技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 アルミニウム合金等の形材に押通し曲げを行うには、該形材の断面形状とほぼ同じ形状の挿通口を有する固定金型と可動金型とを、それぞれ一定の間隔を置いて配置し、これら2つの金型の間で所定の曲げ形状を付与するような位置関係に可動金型を動かして両金型間に該形材を押し通すことにより、所定の曲げ形状に曲げ加工を行っていた。図1にこのような押通し曲げ装置、いわゆるマルチベンダーを示す。1はアルミニウム形材、2は固定金型、3は可動金型であって、可動金型は、固定金型を通る軸線に垂直な平面内で変位可能であり、更に曲げ加工の方向に形材が押し通し易いようにこの平面内の変位した位置で角度θを変えることができる。図において、2つの金型の間を通る曲げ加工の曲線が、目標とする曲げの曲率に形材の材料及び形状固有のスプリングバックの影響を加えた半径Rの曲率となるよう可動金型を動作量Mだけ変位するよう移動して、曲げ加工に際しては、形材がこれら2つの金型の間を押し通されて通る間に曲げ加工がなされる。なお、可動金型の角度θは、形材が無理なく挿通するためのものであつて、角度を付与することによって曲げ加工を行うものではない。また、この種の押通し曲げ装置においては、一般的に可動金型の動作機構は次のようにになっている。図1において左右方向（固定金型に対して形材が押し込まれる方向）をx、上下方向をy、また紙面に垂直な方向をzとすると、可動金型はy軸方向、z軸方向に移動可能で、またx軸、y軸、z軸を中心回転制御可能な機構とされている。なお、x軸を中心に可動金型が回転できるようになっているのは形材に形材の軸線回りの捩じり加工ができるようにするためである。このような曲げ加工においては、可動金型を所定の曲げの曲率に合わせて固定金型の軸線に垂直な平面内で変位・移動を行わなければならぬが、単純な曲げや一定の曲率の曲げ加工であれば、実験的に加工条件を確認してその変位位置や動作量の設定を行えば良いが、立体的な3次元の形状に沿った曲げ加工では、形材の押し込みと共に所定の曲げ形状に沿った曲げを付与し、曲げ加工の進行に伴って順

20 20 曲げ加工を行っていた。図1にこのような押通し曲げ装置、いわゆるマルチベンダーを示す。1はアルミニウム形材、2は固定金型、3は可動金型であって、可動金型は、固定金型を通る軸線に垂直な平面内で変位可能であり、更に曲げ加工の方向に形材が押し通し易いようにこの平面内の変位した位置で角度θを変えることができる。図において、2つの金型の間を通る曲げ加工の曲線が、目標とする曲げの曲率に形材の材料及び形状固有のスプリングバックの影響を加えた半径Rの曲率となるよう可動金型を動作量Mだけ変位するよう移動して、曲げ加工に際しては、形材がこれら2つの金型の間を押し通されて通る間に曲げ加工がなされる。なお、可動金型の角度θは、形材が無理なく挿通するためのものであつて、角度を付与することによって曲げ加工を行うものではない。また、この種の押通し曲げ装置においては、一般的に可動金型の動作機構は次のようにになっている。図1において左右方向（固定金型に対して形材が押し込まれる方向）をx、上下方向をy、また紙面に垂直な方向をzとすると、可動金型はy軸方向、z軸方向に移動可能で、またx軸、y軸、z軸を中心回転制御可能な機構とされている。なお、x軸を中心に可動金型が回転できるようになっているのは形材に形材の軸線回りの捩じり加工ができるようにするためである。このような曲げ加工においては、可動金型を所定の曲げの曲率に合わせて固定金型の軸線に垂直な平面内で変位・移動を行わなければならぬが、単純な曲げや一定の曲率の曲げ加工であれば、実験的に加工条件を確認してその変位位置や動作量の設定を行えば良いが、立体的な3次元の形状に沿った曲げ加工では、形材の押し込みと共に所定の曲げ形状に沿った曲げを付与し、曲げ加工の進行に伴って順

40 40 次、所定の曲げ形状に沿った曲げの曲率に応じて可動金型

型の動作量を決定して加工を行う必要がある。しかしながら、このような3次元立体形状に対しては、加工位置（形材の長手方向の位置）によって異なるそれぞれの曲げの曲率及び曲げの方向を把握して、可動金型の動作量を算出することは困難であり、可動金型の自動的な制御による正確な曲げ加工は実現し難かった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、固定金型と可動金型によって、これらアルミニウム合金などの形材の曲げ加工を行う方法において、予め設定された立体的な3次元の曲げ形状に従って、自動的な制御による正確な押通し曲げを可能とすることを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、上記課題を達成するため、固定金型及び可動金型を使用した押し通し曲げにより形材を立体的な3次元形状に曲げ加工する方法において、目的曲げ形状に対してその3次元直交座標系における座標値を把握して、形材の任意位置での曲率半径と曲げ方向を算出すると共に、加工開始位置より該任意位置までの立体的な3次元形状に沿う長さを算出し、押し込み量が該3次元形状に沿う長さの時点において、可動金型の理論動作量を前記算出された曲率半径と曲げ方向により決定し、該理論動作量に形材の材質及び形状に固有のスプリングバックによる補正係数を乗じて可動金型の動作量を決定し、形材の曲げ開始位置より曲げ完了位置まで、連続して曲げ加工を行うことを特徴とする。これにより、三次元立体座標系における座標値により曲げ半径と曲げ方向を幾何学的に算出し、自動的な制御による三次元の立体的曲げ加工を行うことができる。また、請求項2の発明では、第1項の発明の方法にかかる押通し曲げにより形材を立体的な3次元形状に曲げ加工する方法における具体的な工程を規定して、第1工程として、目的曲げ形状をその長手方向をX軸方向にして3次元XYZ立体座標系における座標値として把握する工程、第2工程として、長尺材の曲げ開始位置P₁から任意の位置P_nまでの目的曲げ形状に沿う積算値L_nをP₁からP_nまでの座標値により求める工程、第3工程として、第1工程の座標値をXY座標面及びXZ座標面に投影した座標におけるP_n位置における曲げ半径R_{xy}、R_{xz}を、P_{n-1}、P_n及びP_{n+1}の座標より求める工程、第4工程として、固定金型に対する形材の押し込み方向をx軸、x軸に直交する方向をy軸、x軸とy軸に直交する方向をz軸とし、形材を固定金型に押し込みつつ加工開始位置よりの押し込み量L_nの時点で可動金型をy軸方向の移動及びz軸回りの回転にてR_{xy}に対応するスプリングバックを補正した動作量を決定すると共に、同じく可動金型をz軸方向の移動及びy軸回りの回転にてR_{xz}に対応するスプリングバックを補正した動作量を決定し、かくして加工開始位置より

の押し込み量L_nの時点で上記動作量で可動金型を動作させながら形材の曲げ開始位置より曲げ完了位置まで、連続して曲げ加工を行う工程により、曲げ加工を行うものである。更に、請求項3の発明では、請求項1及び2の実際の曲げ加工に伴うスプリングバックを補正するため、補正係数Cを次式により算出して可動金型の移動量を制御することを特徴とする。

$$C = \{ A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + 0.3 \} \times 10^{-3} \times R + B$$

10 ただし、A：(8～11)×10⁻⁶の範囲にある係数
B：3.0～3.6の範囲にある定数

Z：形材断面における引っ張り側と圧縮側の断面係数の平均値 (mm³)

$\sigma_{0.2}$ ：引張り試験における0.2%耐力 (kgf/m²)

R：曲げ加工の曲率半径 (mm)

これにより、スプリングバックを補正する場合の補正係数を正確に求めることが可能となり、加工精度を向上させることが可能となる。更にまた、請求項4の発明によ

20 れば、請求項1、2及び3の発明において、上記曲げの曲率半径に応じて幾何学的に算出される理論回転角度θ_cの45～55%に可動金型の回転量を設定することにより、曲げ加工に際して、形材の皺や座屈の発生を防止するものである。なお、ここで理論回転角θ_cは、可動金型動作量をMとした場合、 $\theta_c = 2 \times \tan^{-1}(M/L)$ で与えられる角度で、形材が固定金型の出口より軸線方向に出て、可動金型の入口に向けて半径Rの円弧を描いて通過すると想定し、可動金型と可動金型を通過する形材の接線方向とを直交させた場合の可動金型の回

30 転角である。本発明は、このような構成により、立体的な3次元形状の曲げ加工を行うための可動金型の変位動作制御を正確かつ敏速に行うこと可能とするものである。

【0005】

【実施の態様】以下に、図面を参照して本発明を具体的に説明する。被加工材のアルミニウム形材1の予め目標として設定された立体的な曲げ形状を図3に示す。図3において、形材の曲げられた形状の長手方向をX軸に概ね一致させる。これに垂直な方向をそれぞれY及びZ軸とする。図4及び5に形材1の加工すべき立体形状をX-Y及びX-Z平面に投影した形状をその形材の中心軸線で示す。被加工材の立体的な曲げ形状は、これらX、Y、Z軸の直交座標系の座標値P(x, y, z)で与えられる。この場合、スプリングバック等を無視すれば可動金型に動作量(M)を与えた場合、図1において、形材はx方向に押し込まれ、固定金型の出口を出た際にはx方向にむけて押し出され、その後より可動金型に向けて一定半径の円弧を描いて曲げ加工がされる。なお、本明細書において可動金型の動作量(M)とは、固定金型の軸線(x)に対して直交する平面での可動金型の軸

線上の位置からの移動量をいう。形材が可動金型を通過した際には、その時点における可動金型の動作量 (M) に見合う円弧に加工されて可動金型より出る。このことは、形材における任意の位置が固定金型をでた後、可動金型を出るまでの間に可動金型の動作量 (M) が変化したとしても、可動金型を通過する時点での可動金型の動作量 (M) に依存して、加工後の曲げ形状は、可動金型より出る時点での可動金型の動作量 (M) で決まることを意味する。以上により、押し込み量に対応する可動金型の動作量を求めればよいのであるが、押し込み量は曲げ加工前後での形材の長手方向の長さは変わらないとして、立体的な曲げ形状に沿う加工開始位置よりの長さで求まる。これにより、形材の所定位置での曲げ半径と曲げ方向が解れば、形材の装置への押し込み量に対する可動金型の動作量を求めておき、所定の押し込み量に対応する動作量で可動金型を動作させればよい。また、可動金型の動作量 (M) は前記3次元立体座標系の形状をX-Y及びX-Z平面に投影した形状により所定位置での曲率半径を求め、y軸方向の可動金型の動作量 (M_y) *

$$L_{xy} = [(P_{2x} - P_{1x})^2 + (P_{2y} - P_{1y})^2]^{1/2} \quad (1)$$

同様にX-Z座標で、位置 P_1 から位置 P_2 までの長さ L_{xz} は、
 $L_{xz} = [(P_{2z} - P_{1z})^2 + (P_{2x} - P_{1x})^2]^{1/2} \quad (2)$
 であるから、X、Y、Z軸の3次元立体形状における形材の区間 P_1 、 P_2 の長さ L は、次の式から求めることができる。

$$L = [(L_{xy})^2 + (L_{xz})^2]^{1/2} \quad (3)$$

したがって、形材の任意の曲げ加工位置 P_n における立体的な曲げ形状における加工開始位置よりの長さは、これらの積算値 L_n として決定される。

【0007】次に、位置 P_2 における曲げの曲率半径 R を求める。図3～5に示す形材の形状を表す曲線上の点 P_1 、 P_2 、 P_3 の3点間を通る線分をX-Y平面に投影する。

$$A_x = (P_{1x} + P_{2x}) / 2 \quad (4)$$

$$A_y = (P_{1y} + P_{2y}) / 2 \quad (5)$$

同様にして、直線 P_2 - P_3 の中点の座標 B (B_x , B_y) は、

$$B_x = (P_{2x} + P_{3x}) / 2 \quad (6)$$

$$B_y = (P_{2y} + P_{3y}) / 2 \quad (7)$$

である。また、直線 P_1 - P_2 の勾配は、 $(P_{2y} - P_{1y}) / (P_{2x} - P_{1x})$ 、また直線 P_2 - P_3 の勾配は、 $(P_{3y} - P_{2y}) / (P_{3x} - P_{2x})$

$$\alpha = -1 \times (P_{2x} - P_{1x}) / (P_{2y} - P_{1y}) \quad (8)$$

直線 Q - B の勾配 β も同様に、直線 P_2 - P_3 と Q - B とが直交するから、

$$\beta = -1 \times (P_{3x} - P_{2x}) / (P_{3y} - P_{2y}) \quad (9)$$

また、点 Q を通る2直線 Q - A 、 Q - B から

$$\text{直線 } Q-A \text{ の勾配 } \alpha = Q_y - A_y / Q_x - A_x \quad (10)$$

$$\text{直線 } Q-B \text{ の勾配 } \beta = Q_y - B_y / Q_x - B_x \quad (11)$$

$$Q_y - A_y = \alpha (Q_x - A_x) \quad (12)$$

$$Q_y - B_y = \beta (Q_x - B_x) \quad (13)$$

未知数 Q_y を消去して、

$$\alpha (Q_x - A_x) + A_y = \beta (Q_x - B_x) + B_y \quad (14)$$

これらから、

$$\alpha \cdot Q_x - \alpha \cdot A_x + A_y = \beta \cdot Q_x - \beta \cdot B_x + B_y \quad (15)$$

* と z 軸方向の可動金型の動作量 (M_z) をそれぞれ両方向にそれぞれの動作量分、可動金型を動作させればよい。なお、押し込み量とこれに対応する可動金型の動作量 (M) の算出は連続して行えばよいが、この算出操作を適当な間隔毎に行い、形材の押し込みと可動金型の動作をこの間隔でスムーズに行えば最小限の誤差で曲げ加工が行える。

【0006】すなわち、これら曲げ加工の過程の任意の位置 P (x , y , z) で見ると、図3に示すように、これら的位置 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots における細分された位置毎に、その曲率半径に応じて可動金型の固定金型との相対的な動作量を制御することにより曲げ加工を行い、順次に P_2 、 P_3 、 \dots P_n と加工を進行することにより、予め設定された立体形状に曲げ加工することができます。そこで、曲げ加工における形材の隣り合う位置 P_1 と P_2 間の長さ L を X、Y、Z 座標上の位置で求めるとき、X-Y座標では、位置 P_1 (P_{1x} , P_{1y}) から位置 P_2 (P_{2x} , P_{2y}) までの長さ L_{xy} は、直線で近似してこれらの座標から、

$$L_{xy} = [(P_{2x} - P_{1x})^2 + (P_{2y} - P_{1y})^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$L_{xz} = [(P_{2z} - P_{1z})^2 + (P_{2x} - P_{1x})^2]^{1/2} \quad (2)$$

☆できる。

☆影した部分拡大図を図6に示す。この間の線分を点 Q (Q_x , Q_y) を中心とする円弧と近似すると、直線 P_1 - P_2 の中点の座標 A (A_x , A_y) は、点 P_1 、 P_2 の座標 P_1 (P_{1x} , P_{1y}) 及び P_2 (P_{2x} , P_{2y}) から、

30 ら、

7

$$Q_x = (-\beta \cdot B_x + B_y + \alpha \cdot A_x - A_y) / (\alpha - \beta) \quad (16)$$

従って、Q点のx座標 Q_x が定まり、同様にして、 Q_y * *が定まる。よって、曲率半径Rは以下のとおりとなる。

$$R = [(Q_x - A_x)^2 + (Q_y - A_y)^2]^{1/2} \quad (17)$$

従って、(16)式における α 、 β に(8)、(9)式を代入し、この式を(17)式に代入することにより P_1 、 P_2 、 P_3 の座標値より P_2 位置における曲率半径Rが求まる。また、点 P_1 、 P_2 、 P_3 について、これらの計算を行ったが、これらの後の2点 P_2 、 P_3 を順次重複させて P_2 、 P_3 、 P_4 により P_3 位置で曲率半径Rを算出することにより、常に適切な曲げ加工を行うことができる。

【0008】次に上記XY平面にて見た場合の曲率半径Rに対する可動金型の理論動作量 M_y (y方向に対する移動量)は、図7を参照して次のように計算する。押し出された形材は固定金型を出た直後はx方向に出て、可動金型に入るまで半径Rの円弧を描いて可動金型より半径Rの曲げを付与されて、連続して出て行くこととして近似される。この場合、この半径Rの中心は固定金型出口のy軸方向にある。固定金型の出口aとこの半径Rの中心c間の距離はRである。ここで、理論動作量 M_y における可動金型の中心bよりx方向、即ち直線acに降ろした垂線の足をdとするとc bdは直角三角形であって、 $c a = R$ 、 $b d = L$ であるから、

$$c d = (R^2 - L^2)^{1/2}$$

$M_y = a d = R - (R^2 - L^2)^{1/2}$ となる。以上の関係はX-Z座標系でも同様に成り立つから、可動金型のZ軸方向の理論動作量 M_z が求まる。このようにして計算されたY軸方向及びZ軸方向の可動金型動作量をそれぞれ用い、押し込み量積算値 L_n におけるX-Y座標面での曲率半径と、X-Z座標面での曲率半径により、可動金型のy方向の理論動作量とz方向の理論動作量を求めることにより、立体的な3次元の形状の曲げ加工を行うことができる。これらの数値処理は、3次元立体形状の数値が与えられれば、自動的に容易に算出されるもの※

$$C = \alpha \cdot R + B$$

ただし、

C : 補正係数

α : 各形材ごとの直線の傾き (b/a) : 図9参照

R : 曲率半径 (mm)

B : 実験によって得られた横軸との交点。図より3.0

~3.6の範囲にある定数

ところで、これらの各試料ごとに直線の傾きが異なる ★

$$\alpha = \{A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + D\} \times 10^{-3} \quad (19)$$

ただし、

A : 図10の直線の傾き (x/y) を示し、 9.5×10^{-3} を中間点として $(8 \sim 11) \times 10^{-3}$ の範囲にある。

Z : 断面係数Zは形材断面における引っ張り側と圧縮側 ☆

$$C = \{A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + 0.3\} \times 10^{-3} \times R + B \quad (20)$$

従って、この補正係数を見込んだ曲げ加工のための可動金型の動作量 M_c は、次のようになる。

8

$$M_c = \{A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + 0.3\} \times 10^{-3} \times R + B \quad (21)$$

※であり、これによって曲げ加工を連続的に正確に行うための可動金型の動作量を容易に得ることができる。尚、以上の説明では可動金型の動作量制御をy方向、z方向に行なうよう目標曲げ形状をX-Y座標とX-Z座標に分解して加工する制御法を示したが、曲率半径とその曲げ方向を求めて、この曲げ方向に直接可動金型を動作させてもよい。

【0009】以上の可動金型の動作量は、形材の幾何学的な立体形状から導いた理論動作量であるが、実際の曲げ加工においては、材質や断面形状などに固有のスプリングバックを伴うため、目標とする形状に正確に曲げ加工を行うにはこれらのスプリングバックを見込む補正を行なう必要がある。すなわち、本発明者らは、先に特願平7-184793号の出願において、これらスプリングバックに対する補正係数の関係を解明して補正方法を提案している。図8において、曲げ加工の曲率半径と金型動作量との関係を示すとおり、目標とする形状とするため前記の手法により算出した曲げ加工の可動金型の動作量すなわち理論動作量 M_t に対して実際に目標とする曲げ加工の形状とするために行った金型の動作量 M_a との間には動作量の差があり、この差がいわゆるスプリングバックに相当する。

【0010】図8に示す関係から、動作量の比 M_a/M_t とRとの関係を各種の材質の形材ごとに図に示すと、図9に見るとおり形材の材質及び形状に固有の傾きを有する直線で表され、また、図示のとおり、各直線はほぼ一点Bを通る。このことから、可動金型の理論動作量 M_t に対する実動作量 M_a の比 M_a/M_t と曲げの曲率半径との関係を実験的に求めて、以下に示す式による補正係数Cを算出できる。

(18)

★が、このようなスプリングバック量に影響する因子は、材料の0.2%耐力($\sigma_{0.2}$)、断面係数(Z)、及び曲げ半径Rであると見ることができる。これらの試料について、直線の傾きと $Z \times \sigma_{0.2}$ との関係を求めるところに示す結果が得られた。これらの関係も直線関係であり、一次関数で近似できるから、上記直線の傾き α は、

$$\alpha = \{A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + D\} \times 10^{-3} \quad (19)$$

☆の平均値で表される (mm³)

$\sigma_{0.2}$: 0.2%耐力 (kgf/mm²)

D : 直線と横軸との交点 (=0.3)

よって、式(16)と(17)とから、

$$C = \{A \times (Z \times \sigma_{0.2}) + 0.3\} \times 10^{-3} \times R + B \quad (20)$$

従って、この補正係数を見込んだ曲げ加工のための可動金型の動作量 M_c は、次のようになる。

$$M_a = C \cdot M_c$$

このようにして得られた可動金型動作量を用いることにより、高精度の曲げ加工が可能となる。

【0011】更に、前記したように押し通し曲げに際して、固体金型に対して可動金型を変位した動作位置において、形材中心軸線と可動金型の中心線との交点を中心として、回転角θを与えて曲げに伴う形材のしわの発生や座屈を防止しているが、本発明者らは、先にこの回転角θにおいて、固定金型及び可動金型を使用した押し通し曲げで形材を曲げ加工する際、曲げ半径に応じて幾何学的に算出される理論的な回転角度に対して、45~55%に可動金型の回転量を設定することにより形状精度の良好な押し出し形材の曲げ加工が可能となることを見い出し、特開平7-353511号の出願を行っている。従って、本発明の立体形状の曲げ加工の手法においても、上記の可動金型の回転角θを曲げ半径に応じて幾何学的に算出される理論的な回転角度に対して、45~*

* 55%に可動金型の回転量を設定することにより、その曲げ加工製品においても、その曲げ加工に際して座屈やしわの発生を防止し良好な形状精度を持つ曲げ加工製品を得ることができる。

【0012】(実施例) 実施例を図11、12及び表1に基づいて以下に説明する。図11は目的とする三次元曲げされた形材のX-Z座標面投影座標で、同図12はX-Y面投影座標である。表1は、図11、12に応じて算出された補正係数を考慮した可動金型のz、y軸方向の動作量M_x、M_yとy軸またはz軸回りの可動金型回転量R_x、R_yを示す。x_Lは押し込み量である。これにより、10本の形材に対し曲げ加工を施した結果を計測し、図11、12のものと同じ座標面について比較した結果、各試料とも各位置座標に関しての誤差は数mm以下であり、最も大きな誤差を生じたものでも8.5mmであった。

【0013】表1

位置 No.	x _L (mm)	M _x (mm)	R _x (deg)	M _y (mm)	R _y (deg)
1	0. 0	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
2	10. 0	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
3	110. 0	4. 15	4. 58	-1. 90	-2. 09
4	183. 4	4. 15	4. 58	-1. 90	-2. 09
5	237. 7	4. 06	4. 46	-2. 00	-2. 20
6	291. 9	4. 01	4. 41	-2. 24	-2. 47
7	346. 9	3. 83	4. 21	-2. 40	-2. 64
8	399. 6	3. 71	4. 08	-2. 55	-2. 81
9	451. 7	3. 56	3. 92	-2. 68	-2. 95
10	506. 0	3. 36	3. 70	-2. 83	-3. 12
11	558. 6	3. 14	3. 46	-2. 98	-3. 28
12	610. 6	2. 98	3. 28	-3. 14	-3. 46
13	662. 1	2. 77	3. 05	-3. 27	-3. 60
14	713. 1	2. 54	2. 80	-3. 43	-3. 77
15	763. 4	3. 36	2. 60	-3. 54	-3. 89
16	813. 0	-2. 06	-2. 27	-3. 83	-4. 21
17	861. 6	-2. 49	-2. 74	-5. 06	-5. 56
18	908. 6	-3. 67	-4. 04	-6. 62	-7. 26
19	953. 9	-4. 74	-5. 21	-8. 18	-8. 94
20	997. 6	-5. 68	-6. 12	-9. 53	-10. 39
21	1039. 9	-5. 61	-6. 16	-9. 39	-10. 24
22	1081. 3	-5. 32	-5. 84	-8. 81	-9. 62
23	1122. 2	-5. 17	-5. 68	-8. 35	-9. 12
24	1162. 5	-4. 95	-5. 44	-7. 97	-8. 71
25	1202. 7	-3. 64	-4. 00	-5. 34	-8. 71
26	1242. 9	-2. 45	-2. 70	-3. 14	-3. 46
27	1283. 0	-2. 04	-2. 25	-2. 46	-2. 71
28	1323. 2	-2. 09	-2. 30	-2. 43	-2. 68
29	1363. 3	-2. 04	-2. 25	-2. 32	-2. 55
30	1403. 4	-2. 04	-2. 25	-2. 38	-2. 62
31	1500. 0	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
32	1730. 0	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00

【0014】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、立体的な複雑な形状に対しても、容易にかつ正確に曲げ加工を行うことができる。また、これらの立体形状が数値化されることから、可動金型を自動的に制御することが可能となり、加工精度の改善及び生産性の大幅な向上が可能となる。

【図面の簡単な説明】

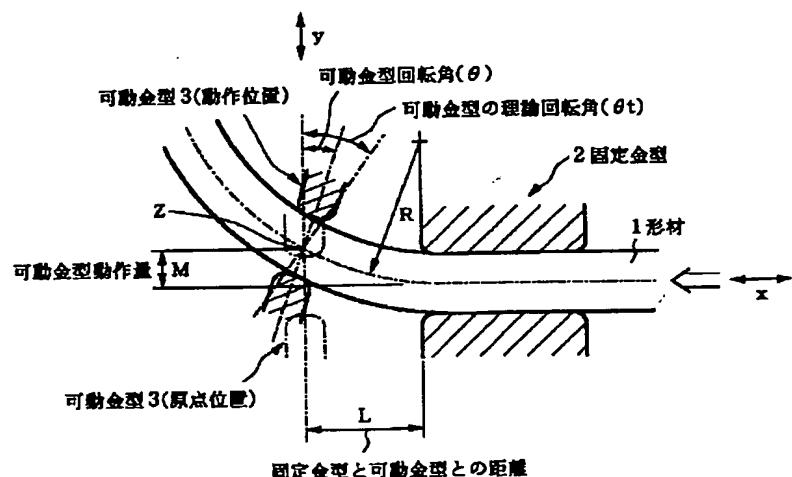
【図1】 固定金型及び可動金型による形材の押し通し曲げ概念図

【図2】 固定金型断面図

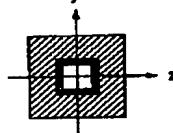
【図3】 3次元座標系における形材の立体形状

【図4】 図3の立体形状のX-Y平面への投影図

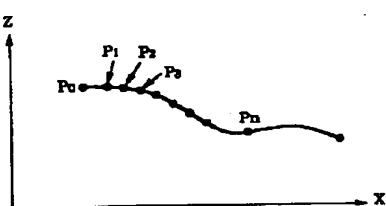
【図1】



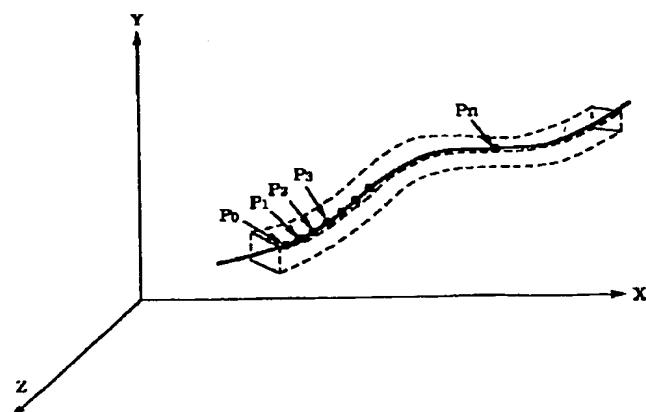
【図2】



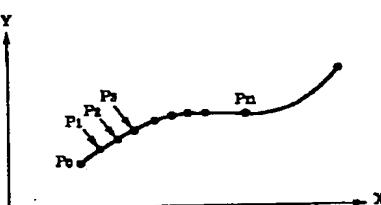
【図5】



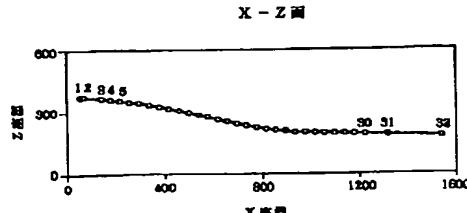
【図3】



【図4】



【図11】

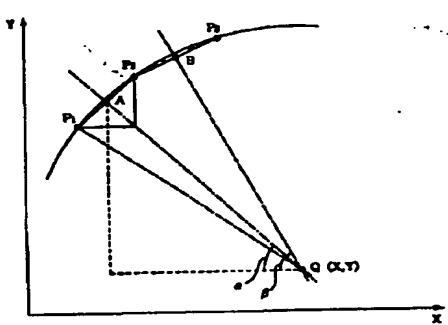


10 【図12】 実施例の加工形状のX-Y面への投影座標位置

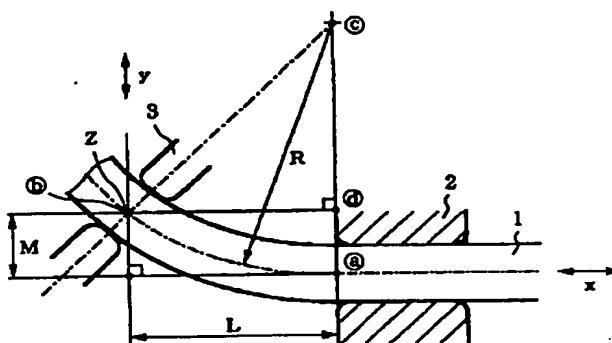
【符号の説明】

1 : 形材 2 : 固定金型 3 : 可動金型

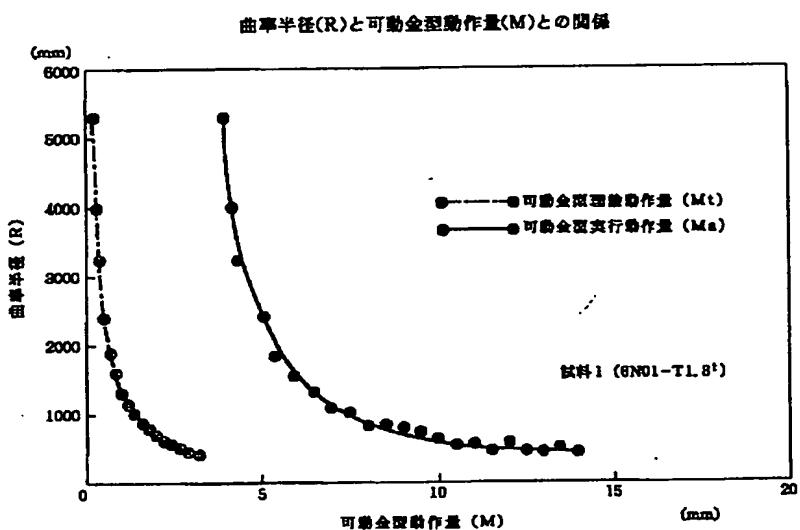
【図6】



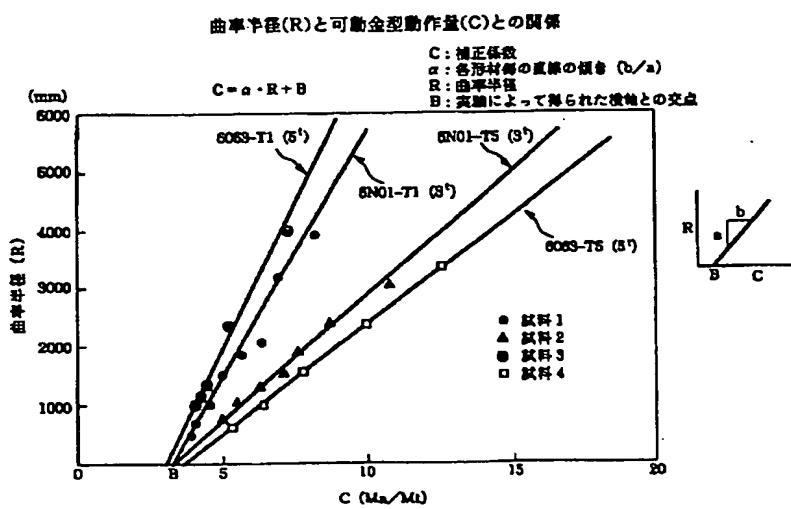
【図7】



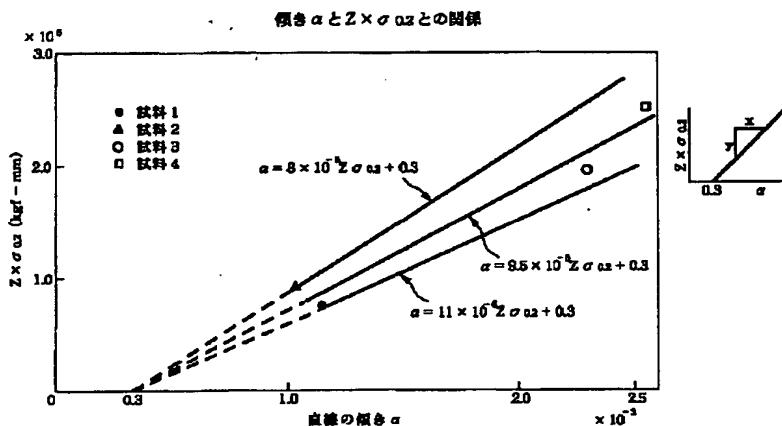
【図8】



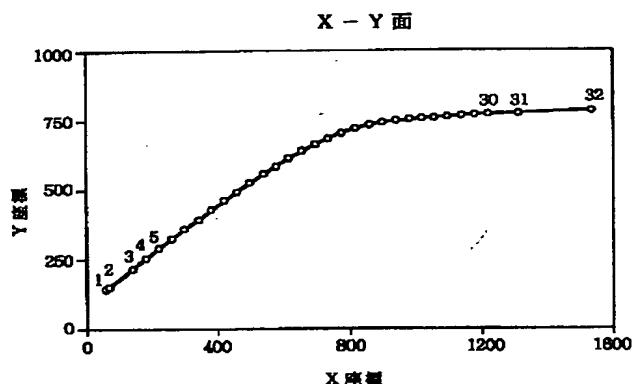
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 隆

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号
日本軽金属株式会社グループ技術センター
内

(72)発明者 樋野 治道

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号
日本軽金属株式会社グループ技術センター
内

(72)発明者 杉山 敬一

東京都品川区東品川2丁目2番20号 日本
軽金属株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)